

Лабораторная работа №3

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО РЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ (ТОКА)

Цель работы: получить практические навыки по проверке технического состояния электронных реле.

Программа работы:

1. Изучить устройство принцип действия и ознакомиться с техническими данными статического реле напряжения серии РСН-14 - РСН-17.
2. Ознакомиться с лабораторной установкой по испытанию статического реле РСН-15.
3. Измерить напряжения постоянного тока в характерных (контрольных) точках электронной схемы реле.
4. Получить осциллограммы в контрольных точках электронной схемы реле.
5. Получить электрические характеристики реле.
6. Сделать выводы о техническом состоянии реле.

Выполнение работы

1. Изучение принципа действия и устройства статических реле напряжения (тока) производится самостоятельно при подготовке к работе с использованием указанной литературы и материала методических указаний. В отчете привести основные технические данные реле РСН 14- РСН-17 и принципиальную схему реле РСН-15 с указанием контрольных точек.
2. В состав лабораторной установки по испытанию статического реле РСН-15 входят:
 - 1) Специальный стенд, на котором закреплены реле, РСН-15, принципиальная схема реле с выведенными контрольными точками. На этом же стенде расположены зажимы, к которым подключены цепь

питания реле, входная цепь реле, замыкающий контакт реле и сигнальная неоновая лампа напряжением 220 В.

2) Регуляторы напряжения типа ЛАТр.

3) Вольтметр электромагнитной системы класса 0,5 с пределами измерения 75-150-300-600 В.

4) Малогабаритный осциллограф типа С1-112 А.

3. Собрать схему Рис. 1. не подавая напряжения на схему открыть крышку реле и выставить заданное преподавателем напряжение уставки реле U_y . При этом положение переключателей уставок выбрать в соответствии с выражением

$$U_y = U_{\min} \left(1 + \sum_1^4 N_i \right), \text{ где}$$

$U_{\min}$ - минимальная уставка поддиапазона;

$\sum N_i$ - сумма весовых коэффициентов переключателей уставок SB1-...SB4, находящихся в разомкнутом состоянии.

Замкнутое состояние переключателей будет соответствовать минимальной уставке.

Малогабаритный осциллограф С1-112А перевести в режим мультиметра и включить в сеть, чтобы он прогрелся.

Подать напряжение на стенд, и плавно изменяя напряжение на входе реле убедиться в его работоспособности (О работоспособности реле можно судить по срабатыванию электромагнитного реле исполнительной части). Снизить входное напряжение до нуля и измерить с помощью мультиметра напряжение в характерных точках. Данные измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

Карта напряжений в характерных точках реле.

Точки на схеме реле	Напряжение в характерной точке, В			
	Отсутствие сигнала на входе		Наличие сигнала на входе	
	контрольное	опытное	контрольное	опытное
7	-15±1,5		-15±1,5	
8	+15±1,5		+15±1,5	
XP1	+13...+1,5		+5...+8	
XP2	+8...+10		-6...-8	
XP3	-13...-15		+13...+15	
5	130...140		120...125	
6	130...140		0,8...1,0	

Поднять напряжение на входе до срабатывания реле, измерить напряжение в характерных точках. Данные измерений занести в таблицу 1.

Примечание:

1) Переключатель мультиметра должен находиться в положении U 2,5, множитель $\times 10^2$.

2) Измерение в точках 5 и 6 проводить относительно эмиттера выходного транзистора исполнительной части реле (точка 7). Измерения в других характерных точках производить относительно общего вывода источника питания реле.

4. При выполнении пункта 4 программы следует использовать режим осциллографа прибора С1-112А. Входной делитель установить в положении 5 В/дел. Переключатель длительности развертки в положение 2 ms/дел.

1) Один из входов осциллографа подключить к общей точке источника питания, а другой поочередно к характерным точкам XP4, XP1, XP2, XP3. При этом появляется возможность

проконтролировать форму сигналов и временные соотношения между ними.

- 2) Подать питание на реле, и увеличивая напряжение на входе добиться срабатывания реле.

В отчете следует привести временные диаграммы работы реле последовательно изображая в координатах напряжение время ($U;t$) осциллограммы в контрольных (характерных) точках.

5. Для реле РСН-15 определить напряжение срабатывания и возврата, коэффициент возврата погрешности напряжения срабатывания δ и разброс напряжений срабатывания ΔU . Измерения провести при пятикратном повторе на заданной уставке и при номинальном напряжении питания реле. Определение указанных характеристик произвести аналогично определению их для электромеханических реле, согласно методическим указаниям по испытанию электромеханических реле. Данные измерений и расчетов занести в табл. 2.

Таблица 2

Определение электрических характеристик реле

Тип реле	Уставка по шкале	Параметр срабатывания						Параметр возврата						Кв	δ%	Δ, %
		№ опытов						№ опытов								
		1	2	3	4	5	V _{ср}	1	2	3	4	5	V _{ср}			
РСН-15-28																

6. Сравнивая данные, полученные в опытах пунктов 3, 4 и 5 программы с техническими данными реле (взятыми из технического описания реле или материала методических указаний), сделать вывод о техническом состоянии реле. При необходимости указать, какие регулировки следует провести для данного типа реле. Сравнить статическое реле с электромеханическими реле того же назначения, указав на их достоинства и недостатки (технические данные электромеханических реле приведены в

справочниках, а также в методических указаниях по испытанию электромеханических реле).

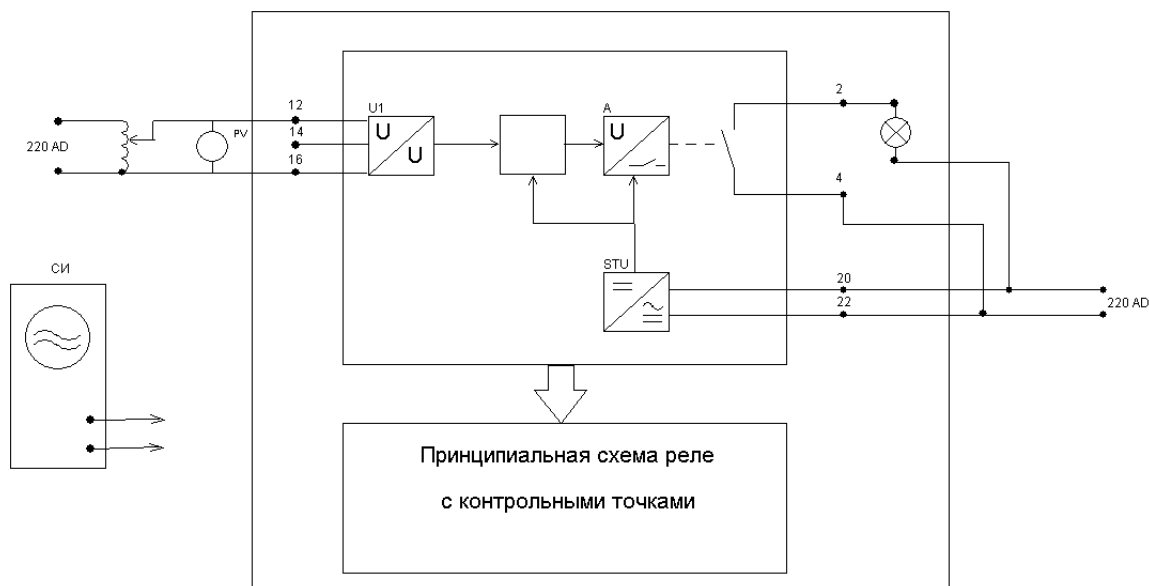


Рис. 1. Схема лабораторной установки по испытанию статического реле РСН-15.

Контрольные вопросы

- 1) Каково назначение статических реле РСН-14-РСН-17.
- 2) Как устроена воспринимающая часть реле напряжения серии РСН-14-РСН-17?
- 3) Из каких функциональных частей состоит измерительная часть серийных реле тока и напряжения?
- 4) Какой способ определения интегрального параметра используется в исполнительной части статических реле тока и напряжения?
- 5) Как выполнена исполнительная часть реле напряжения серии РСН?
- 6) Как выполнен источник питания реле напряжения РСН-15?
- 7) Каким образом регулируется уставка по напряжению реле РСН-15?
- 8) Каким образом защищается реле РСН от импульсных перенапряжений по цепи питания и наводок со стороны входных цепей?

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,38 КВ ЗТИ-0,4.

Цель работы: получить практические навыки по проверке и наладке устройства защиты типа ЗТИ-0,4.

Программа работы:

- 1) Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и техническими данными устройства защиты типа ЗТИ-0,4.
- 2) Ознакомиться с лабораторным стендом по испытанию устройства защиты ЗТИ-0,4.
- 3) Измерить напряжение постоянного тока в характерных точках электронной схемы устройства защиты ЗТИ-0,4.
- 4) Получить времятоковые характеристики защиты при междуфазных и однофазных к.з.
- 5) Сделать выводы по содержанию работы.

Выполнение работы

1. Изучение принципа действия и устройства защиты ЗТИ-0,4 производится самостоятельно при подготовке и работе с использованием рекомендованной литературы технического описания и материала методических указаний. В отчете привести основные технические данные защиты ЗТИ-0,4 и принципиальную схему устройства с указанием контрольных точек.
2. В состав лабораторного стенда по испытанию устройства защиты ЗТИ-0,4 входят:
 - 1) Исследуемое устройство защиты ЗТИ-0,4.
 - 2) Принципиальная схема устройства защиты от междуфазных и однофазных к.з. с выведенными контрольными точками.
 - 3) Рубильник, подключенный к лабораторной сети переменного тока.

4) Контактор, подающий напряжение на модель и кнопочная станция управляющая им.

5) Автоматический выключатель с независимым расцепителем.

6) Регулятор напряжения (ЛАТр) и нагрузочный трансформатор для создания необходимых токов через защиту (ручка регулятора напряжения выведена на лицевую часть стенда).

7) Амперметр с трансформатором тока позволяющими измерять токи от 100 до 1000 А.

8) Секундомер с тумблером включения и отключения.

9) Тумблер, позволяющий включить или отключить вход устройства ЗТИ.

Тумблер, переключающий выход устройства ЗТИ-0,4 соответственно на секундомер или независимый расцепитель автоматического выключателя.

10) Кнопки имитирующие короткие замыкания в различных точках схемы (В данной работе не используются).

11) Расположенный за стендом трансформатор моделирующий трансформатор ТП 10/0,4 кв.

3. Выполнение пункта 3 программы рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1) Замкнуть между собой фазы А и С используя установленные на стенде зажимы. При этом используется вывод трансформатора тока «1», что соответствует максимальному измеряемому току.

2) Снять крышку устройства ЗТИ-0,4 и установить минимальный ток уставки от междуфазных к.з. Закрыть крышку устройства ЗТИ.

3) С помощью тумблеров отключить вход ЗТИ, выход ЗТИ подключить к автоматическому выключателю.

Тумблером расположенным слева от секундомера отключить секундомер.

4) Ручку регулятора поставить в крайнее положение против часовой стрелки.

5) Включить автоматический выключатель. Включить рубильники, затем и контактор с помощью кнопочной станции.

6) Измерить с помощью мультиметра напряжения в контрольных точках при отсутствии сигнала на входе (Измерение проводить относительно общего провода электрической схемы).

Данные измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3

Карта напряжений в характерных точках
электронной схемы устройства ЗТИ-0,4

Точки на схеме ЗТИ-0,4	Напряжение в характерной точке, В			
	Отсутствие сигнала на входе		Наличие сигнала на входе	
	Контрольное	Опытное	Контрольное	Опытное
Е	$+15 \pm 1,5$		$+15 \pm 1,5$	
F	$-15 \pm 1,5$		$-15 \pm 1,5$	
6	$+0,6$		$+0,6$	
7	$-10,5$		$-10,5$	
1	0		$>0,6$	
2	0		+13	
3	0,6		$+0,6 \div -10,5$	
4	0		+9	
5	0		+2,5	

7) Выключить рубильник.

8) Чтобы измерить напряжение в контрольных точках при наличии сигнала необходимо тумблер «ЗТИ» поставить в положение «включено», включить рубильник и кнопочную станцию. С помощью ЛАТр установить в контрольной точке 1, напряжение несколько превышающее величину

опорного напряжения компараторов DA7, DA8. Измерить напряжение в остальных контрольных точках.

Если какое-либо из напряжений измерить не удастся из-за того, что срабатывает защита, то необходимо с помощью отвертки отключить от устройства ЗТИ-0,4 обмотку независимого расцепителя автоматического выключателя.

Результаты измерений занести в таблицу 3.

4. Составить и привести в отчете временные диаграммы работы устройства ЗТИ-0,4.

Получение времятоковой характеристики устройства ЗТИ-0,4 следует выполнять в следующей последовательности:

1) При выключенном рубильнике включить автоматический выключатель. Поставить тумблер отключения входа ЗТИ-0,4 в положение «отключен», тумблер, переключающий выход ЗТИ-0,4 в положение «сек», тумблер отключения секундомера в положение «откл».

2) Замкнуть проводником фазы А и С таким образом, чтобы амперметр имел предел 1000 А.

3) Поставить ручку ЛАТр в крайнее левое положение.

4) Открыть крышку реле и выставить минимальное значение уставки защиты.

5) Включить рубильник и кнопочную станцию. С помощью регулятора напряжения (ЛАТр) установить нужное значение тока.

6) Не трогая регулировки тока, снять напряжение с модели кнопочной станции и поставить тумблеры в следующее положение;

а) отключение входа ЗТИ в положение «Вкл»;

б) тумблер отключения секундомера в положение «вкл».

7) Обнулить секундомер и подать напряжение на модель, нажав кнопку «Пуск» кнопочной станции.

Начнет работать секундомер, который отключится в результате срабатывания устройства защиты ЗТИ-0,4. При этом отключится контактор и снимет напряжение с модели. Действия по пункту 7 повторить трехкратно. Полученное время срабатывания занести в таблицу 4.

Времятоковая характеристика от однофазных к.з. получается аналогично. Следует только изменить вид к.з. (т.е. замкнуть между собой фазу А и нейтральный провод) и предел измерений амперметра (трансформатор тока включить на предел 0,2).

Таблица 4

Времятоковые характеристики защиты ЗТИ-0,4

Кратность тока к.з. по отношению I_y	2	3	4	5
Ожидаемое время срабатывания, с				
Время срабатывания при междуфазных к.з., полученное опытным путем, $t_{оп}$, с				
Среднее значение $t_{оп. ср.}$, с				
Время срабатывания при однофазных к.з., полученное опытным путем $t_{оп}$, с				
Среднее значение $t_{оп. ср.}$, с				

По данным опытов изобразить на одном графике расчетную времятоковую характеристику, с учетом 40% зоны разброса, и характеристики МТЗ от междуфазных и однофазных к.з. полученные опытным путем.

5. Сравнивая результаты, полученные в опытах по пунктам 3 и 4 программы, с техническими данными реле и картой напряжений в контрольных точках при наличии и отсутствии сигнала на входе устройства защиты ЗТИ-0,4, сделать выводы о техническом состоянии устройства ЗТИ-0,4. Указать на достоинства и недостатки устройства ЗТИ-

0,4 по сравнению с тепловыми расцепителями автоматических выключателей.

Контрольные вопросы

- 1) Каково назначение устройства ЗТИ-0,4?
- 2) При каких условиях гарантируется правильная работа устройства ЗТИ-0,4?
- 3) Каким образом устройство защиты ЗТИ-0,4 получает информацию о междуфазных и однофазных к.з.?
- 4) Каким образом реализован измерительный орган защиты от междуфазных и однофазных к.з.?
- 5) Как работает элемент выдержки времени устройства ЗТИ-0,4?
- 6) Что представляет собой исполнительная часть устройства ЗТИ-0,4? Как она работает?
- 7) Каким образом устроен источник питания устройства ЗТИ-0,4?
- 8) Каким образом выставляется необходимая уставка защиты от междуфазных и однофазных к.з.?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Введение

В настоящее время для построения отдельных реле и комплектных устройств релейной защиты и автоматики широко применяется электромеханическая элементная база. Она будет использоваться еще длительное время, особенно для построения простых защит в системах электроснабжения потребителей. Однако устройства релейной защиты и автоматики на электромеханической базе имеют ряд недостатков, что обусловлено снижением их выпуска и переход на полупроводниковую базу интегрального исполнения. При этом реле и устройства защиты и автоматики на полупроводниковой элементной базе реализуют аналогичные характеристики устройств на электромеханической элементной базе и лишены таких недостатков последних как – большое потребление мощности от измерительных преобразователей (что обуславливает большие габариты электромеханических реле и большую мощность измерительных трансформаторов тока и напряжения).

Недостатки электромеханических реле:

- наличие подвижных элементов в магнитных системах, а так же контактов, что ограничивает сроки эксплуатации без проведения восстановительных работ и влияет на надежность их функционирования.
- относительно низкая стойкость к вибрациям измерительных и логических органов.

Применение полупроводниковой элементной базы позволяет избавиться от этих недостатков и имеет ряд преимуществ, основными из которых является расширение и усложнение выполняемых функций, и возможность реализации любой характеристики срабатывания.

Основным производителем аппаратуры релейной защиты и автоматики является Чебоксарский электроаппаратный завод (ЧЭАЗ).

Этим заводом выпускаются не только электромеханические реле, но их электронные аналоги, так называемые статические реле. Это реле серий РСТ, РСН, РСВ, а также типов РТ 351, РТФ 8 и другие. Широкое применение получили и комплектные устройства на основе статических измерительных органов.

Кроме того, чебоксарские специалисты-релейщики создали ряд научно-производственных предприятий: ООО «АББ Реле-Чебоксары», НПП «Экра», НПП «Динамика», НПП «Бреслер», НПФ «Реон-Техно», в которых ведется разработка и изготовление современной аппаратуры релейной защиты и автоматики, в том числе микропроцессорных устройств.

С 1994 года предприятие «АББ Реле-Чебоксары (автоматизация)» производит современные микропроцессорные средства и системы релейной защиты автоматики. Особое место среди них занимают комплектные устройства серии SPAC-800, которые предназначены для защиты и автоматики кабельных и воздушных линий, трансформаторов малой и средней мощности, синхронных и асинхронных двигателей различной мощности, реакторов и других присоединений напряжений 6 (10) кВ.

Статические реле тока и напряжения

Статические реле тока и напряжения серий РСТ и РСН являются электронными аналогами электромеханических реле тока и напряжения. Основные узлы реле этих серий выполнены на операционных усилителях, что позволило существенно улучшить эксплуатационные характеристики статических реле по сравнению с их электромеханическими аналогами. У статических реле существенно снижено потребление энергии от источника сигнала. Оно составляет $0,1 \div 1$ В·А на фазу в номинальном режиме, в то время как потребление механических реле $10 \div 30$ В·А. Это достигается за счет того, что в статических реле энергия для их функционирования

берется от постороннего источника, а от источника сигнала берется только информация, и тем самым снижается нагрузка на датчики информации. В то же время связь с внешним источником является недостатком статических реле, так как это требует дополнительных коммуникаций, обеспечивающих надлежащую надежность питания.

В статических реле существенно лучше коэффициент возврата. Его типовое значение обычно составляет 0,95...0,97 (1,05 ...1,03 для минимальных реле). В то время как электромеханические реле имеют коэффициент возврата 0,8...0,9 (1,2...1,1 для минимальных реле соответственно). Улучшены и такие характеристики реле как: точность работы реле; отстроенность от влияния апериодической составляющей и высших гармоник. Расширены диапазоны уставок реле. Это связано с тем, что полупроводниковая элементная база позволяет применять более совершенные способы обработки информации. Применение полупроводниковой элементной базы существенно повысило стойкость к ударом и вибрациям.

У реле защиты, выполненных на операционных усилителях, можно выделить ряд узлов которые будут подобными для различных серий этих реле. Так в любом реле имеются такие узлы как: входной преобразователь (U_1) контролируемой величины X_1 в потенциальный сигнал X_2 с нормированным диапазоном изменения;

Измерительную часть, где осуществляется сравнение интегрального параметра контролируемой величины X_2 с уставкой на срабатывание X_u и в зависимости от результата сравнения – формирование соответствующего уровня логического сигнала X_3 на выходе;

Выходной преобразователь (А) электрического сигнала X_3 измерительного органа в положение контакта на выходе реле X_4 ;

Блок питания (STU) элементов реле от внешнего источника (сети оперативного тока).

При построении этих узлов основное внимание уделяется простоте исполнения (обеспечивающей высокую надежность и низкую стоимость реле), помехозащищенности и требуемой точности. Одновременное выполнение этих требований приводит к типовым схематическим решениям.

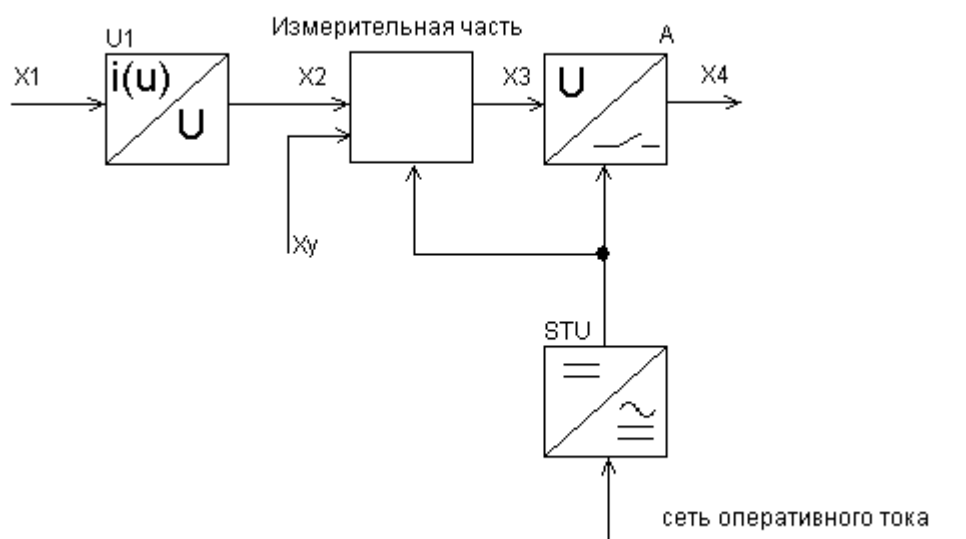


Рис. 2. Структурная схема статического реле защиты.

Входной преобразователь состоит из узла измерения и узла формирования.

Узел измерения содержит измерительные преобразователи (датчики тока или напряжения) контролируемой величины подаваемой на реле от измерительных трансформаторов тока или напряжения защищаемого объекта. Наряду с линейным преобразованием входного сигнала измерительные преобразователи осуществляют гальваническое разделение входной цепи и измерительной части реле, а также защищают полупроводниковую часть реле от высокочастотных наводок, могущих проникнуть в цепи вторичной коммутации. Для защиты служит специальный экран, помещаемый между первичной и вторичной

обмотками датчика. Экран представляет собой однослойную обмотку, соединенную с нулевой шиной реле.

В узле формирования, для получения нужной характеристики реле, осуществляется преобразование вторичного напряжения измерительного преобразователя. Одним из наиболее распространенных способов формирования сигналов в серийных реле тока и напряжения является выпрямление. В большинстве случаев применяют схему двухполупериодного выпрямления собранную на диодах. Измерительная часть большинства серийных реле тока и напряжения работает на времяимпульсном принципе и производит нелинейное преобразование вида

$$X_2(t) = \text{Sign}(X_m \sin \omega t - X_y) = \begin{cases} +U_{нпу}(X_m \sin \omega t - X_y) > 0 \\ -U_{нпу}(X_m \sin \omega t - X_y) < 0 \end{cases}$$

Для срабатывания таких реле требуется, чтобы входной сигнал превысил некоторое заданное значение, при этом из синусоидального он преобразуется в импульсный.

Длительность формируемых импульсов определяется временем превышения мгновенных значений выходного сигнала установленного уровня X_u . Далее оценивается длительность этих импульсов, и если она превышает заданную, то формируется сигнал срабатывания измерительной части реле.

Эти условия обеспечивают хорошую отстройку реле от помех, возникающих в сети питания реле оперативным током, а также из-за наведенных напряжений от смежных цепей.

В соответствии с принципом работы схема измерительной части должна содержать нелинейный функциональный преобразователь, блок интегрирования и выходной пороговый элемент.

Нелинейный функциональный преобразователь входит в состав преобразующей части и представляет собой компаратор, собранный на

операционном усилителе. Длительность импульсов на выходе компаратора определяется амплитудой входного сигнала.

Блок усреднения (интегрирования) выполнен в виде интегрирующей RC цепочки, имеющей разные постоянные времени T_u при интегрировании сигналов положительной и отрицательной полярности.

Наличие интегрирующего звена в измерительной части исключает ложные срабатывания при проникновении на вход реле импульсных помех.

Выходной пороговый элемент измерительной части представляет собой компаратор с гистерезисной характеристикой (триггер Шмитта).

Триггер Шмитта формирует сигнал срабатывания при условии, что напряжение на его входе станет меньше его опорного напряжения (опорного напряжения срабатывания). Опорное напряжение триггера Шмитта изменится после его срабатывания за счет наличия обратной связи. Возвращение триггера в исходное состояние произойдет при условии, что на его входе напряжение станет больше второго опорного напряжения.

Этим достигается релейное действие триггера Шмитта. Время срабатывания исполнительной части составляет примерно 1,6 мс. За это время входное напряжение изменяется практически не более чем на 3%. Благодаря этому работа реле мало зависит от формы кривой входного сигнала. Поэтому токовые реле такого исполнения надежно работают при значительных погрешностях трансформаторов тока, которые могут достигать 50% и более.

В исполнительной части (А) серийных реле тока и напряжения используется электромагнитное промежуточное реле типа РП-13, рассчитанное на рабочее напряжение 110В постоянного тока. На один из концов обмотки реле подается плюс напряжения оперативного тока, а другой ее конец подключен к коллектору транзистора.

При отсутствии сигнала на входе реле потенциал базы отрицательный, транзистор заперт, и через выходное реле протекает незначительный ток закрытого транзистора. При появлении на входе реле сигнала превышающего уставку реле напряжение на базе выходного транзистора становится положительным. Транзистор открывается и через выходное реле начинает проходить ток, обеспечивающий его срабатывание. Реле переключает свои контакты в цепях логической части защиты.

Питание активных элементов измерительной части реле стабилизированным напряжением ± 15 В осуществляется от сети оперативного тока через параметрический стабилизатор выполненный на стабилитронах.

Мощность, потребляемая реле от цепей оперативного тока, составляет 6-7 В·А, что довольно много. Это является одной из причин, сдерживающих широкое применение серийных реле защиты, выполненных на операционных усилителях, для замены устаревших электромеханических реле действующих на предприятиях.

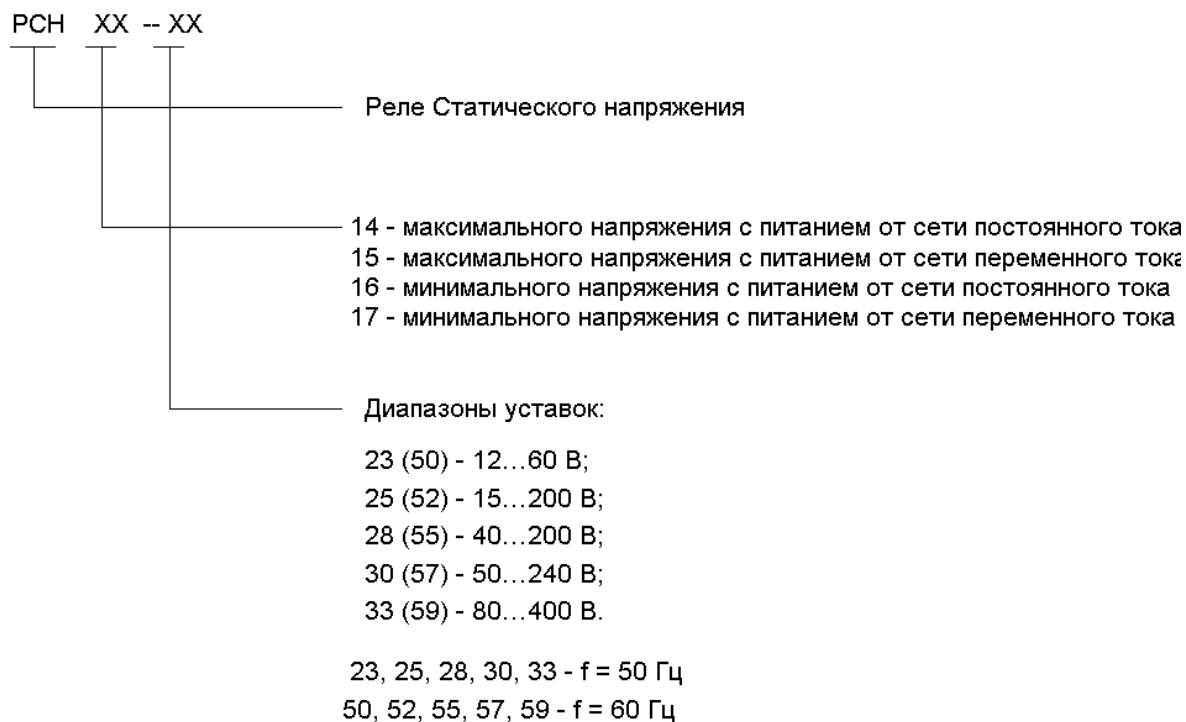
2. Реле максимального и минимального напряжения серии РСН14-РСН17

Назначение реле

Реле применяется в цепях переменного тока релейной защиты и противоаварийной автоматики в качестве органа, реагирующего на повышение (максимальные реле) или понижение (минимальные реле) напряжения в контролируемой цепи, и предназначены для использования в различных комплектных устройствах, от которых требуется повышенная устойчивость к механическим воздействиям.

Основные технические данные

Структура условного обозначения реле выглядит следующим образом:



Коэффициент возврата у реле максимального напряжения $k_B=0,9$ (у РСН14 (15) $K_B=0,95$), а у реле минимального напряжения – $k_B=1,1$.

Реле изготавливается в категории УХЛ4 и 04. Реле исполнения 04 отличаются от реле исполнения УХЛ 4 применяемыми материалами и покрытиями.

Время срабатывания (замыкания замыкающего контакта) реле максимального напряжения (реле серий РСН14, РСН15) не более 0,06 с при $U=1, 2U_{ср}$ и 0,04 при $U=2U_{ср}$.

Время срабатывания (замыкания размыкающего контакта) реле минимального напряжения (реле серий РСН16, РСН17) не более 0,06 с при уменьшении напряжений с номинального до 80% от напряжения возврата.

Мощность, потребляемая реле при номинальном напряжении – от 0,1 до 0,8 В·А (в зависимости от типа реле).

Мощность, потребляемая реле по цепям питания, не превышает:

- для реле серий РСН14, РСН16 в нормальном режиме 7 Вт, в режиме срабатывания – 8,5 Вт;

- для реле серий РСН15, РСН17 в нормальном режиме 7 В·А, в режиме срабатывания 8,5 В·А.

Реле ложно не срабатывает при снятии, подаче и кратковременном до 50 мс исчезновении напряжения питания.

Длительно допустимый ток контактов 2,5 А. Механическая износостойкость реле определяется числом циклов, равным 10^5 . Коммутационная износостойкость – не менее 10^4 циклов.

Описание работы реле

Структурная схема реле напряжения серий РСН14-РСН17 показана на рис. 3.

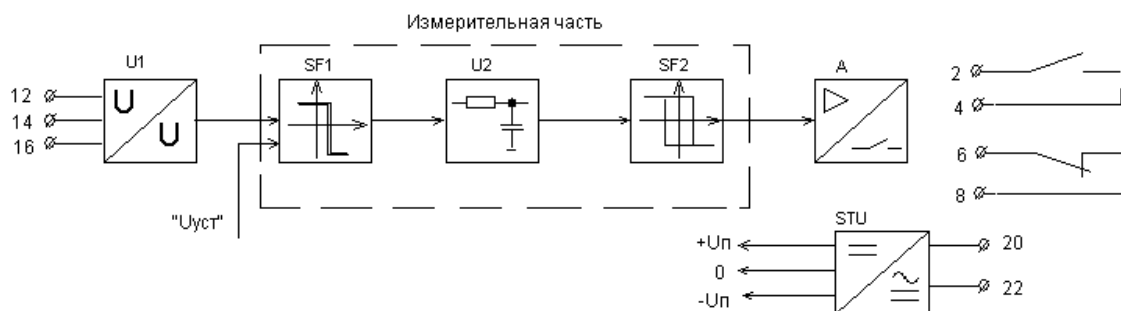


Рис. 3. Структурная схема реле серий РСН14 – РСН17.

Реле состоит из воспринимающей части (преобразователь напряжение-напряжение U1), измерительной части (пороговый элемент SF1, интегрирующая RC-цепь U2 и триггер Шмита SF2), исполнительной части А и блока питания STU.

Принципиальная схема реле максимального напряжения РСН14 (РСН15) показана на рис. 4, а на рис. 5 приведены временные диаграммы этих реле.

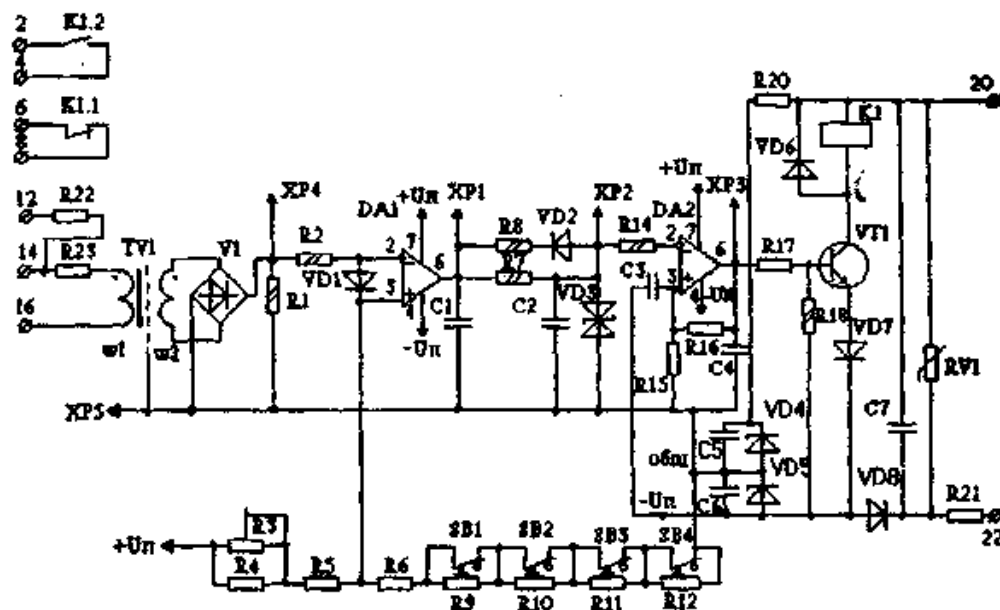


Рис. 4. Принципиальная схема реле максимального напряжения РСН

14.

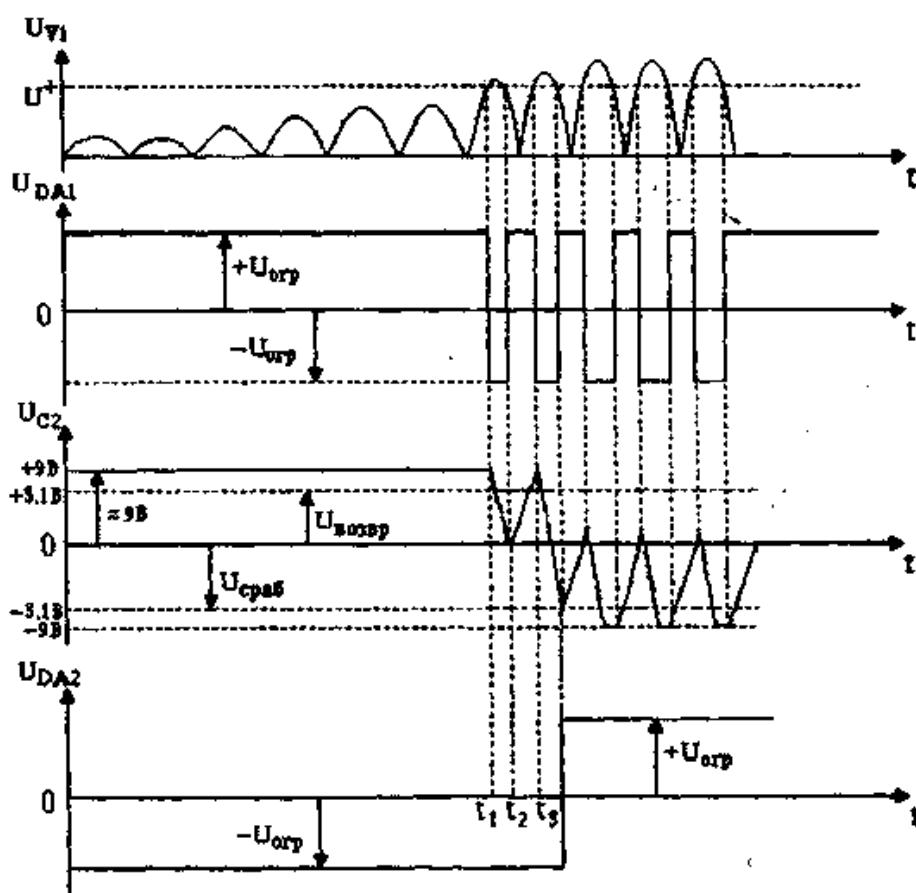


Рис. 5. Временные диаграммы работы реле максимального напряжения РСН 14.

Изменение уставки по напряжению срабатывания производится ступенями по 0,1 от минимальной уставки поддиапазона $U_{\min}$ для соответствующего типа реле. Уставка определяется по выражению:

$$U = U_{\min} (1 + \sum_1^4 Ni),$$

где: $\sum Ni$ – сумма весовых коэффициентов переключателей SB1...SB4, находящихся в разомкнутом состоянии. Положение переключателей на принципиальной схеме соответствует минимальной уставке по напряжению срабатывания. Полный диапазон регулирования уставок реле – от $U_{\min}$ до 2,5 $U_{\min}$.

Преобразователь напряжение-напряжение U1 выполнен на промежуточном трансформаторе TV1, во вторичную обмотку которого включен выпрямительный мост V1, нагруженный резистором R1. Пороговый элемент SF1 выполнен на компараторе DA1. Порог переключения компаратора определяется падением напряжения на цепочке резисторов R6, R9...R12, (т.е. потенциалом неинвертирующего входа DA1 – U+), которое практически пропорционально сопротивлению этой цепи, так как ток в ней задается резисторами R3, R4, R5, имеющими гораздо большее сопротивление. Переменный резистор R3 служит для точной подстройки уставки. Диод VD1 предназначен для защиты DA1 от входного перенапряжения.

Когда напряжение на инвертирующем входе $U_- < U_+$, усилитель DA1 находится в режиме положительного ограничения. Когда мгновенное значение сигнала на инвертирующем входе DA1 превышает U_+ (момент времени t_1), усилитель переходит в режим отрицательного ограничения на время этого превышения (до момента времени t_2). Конденсатор C2, заряженный к моменту времени t_1 до напряжения +9,1 В (напряжение стабилизации VD3 – КС191А), начинает перезаряжаться по цепи DA1-R8-VD2-C2 (с постоянной времени, определяемой величиной резистора R6).

При переходе DA1 в режим положительного ограничения (t_2) конденсатор C2 вновь перезаряжается, но уже по цепи C2-R7-DA1 и с большей постоянной времени, поскольку $R_7 > R_8$. Таким образом, при следующем переходе DA1 в режим отрицательного ограничения (момент времени t_3) конденсатор C2 начинает перезаряжаться не с +9,1 В, а с меньшего положительного напряжения.

При достижении напряжением на конденсаторе C2 порога срабатывания ($U_{сраб}$) триггера Шмитта SF2, выполненного на операционном усилителе DA2, он переключается в режим положительного ограничения. Характеристика переключения триггера показана на рис. 6. При этом открывается транзистор VT1, и срабатывает реле K1. Триггер при этом удерживается в режиме положительного ограничения, по цепи положительной обратной связи, образованной делителем R15, R16.

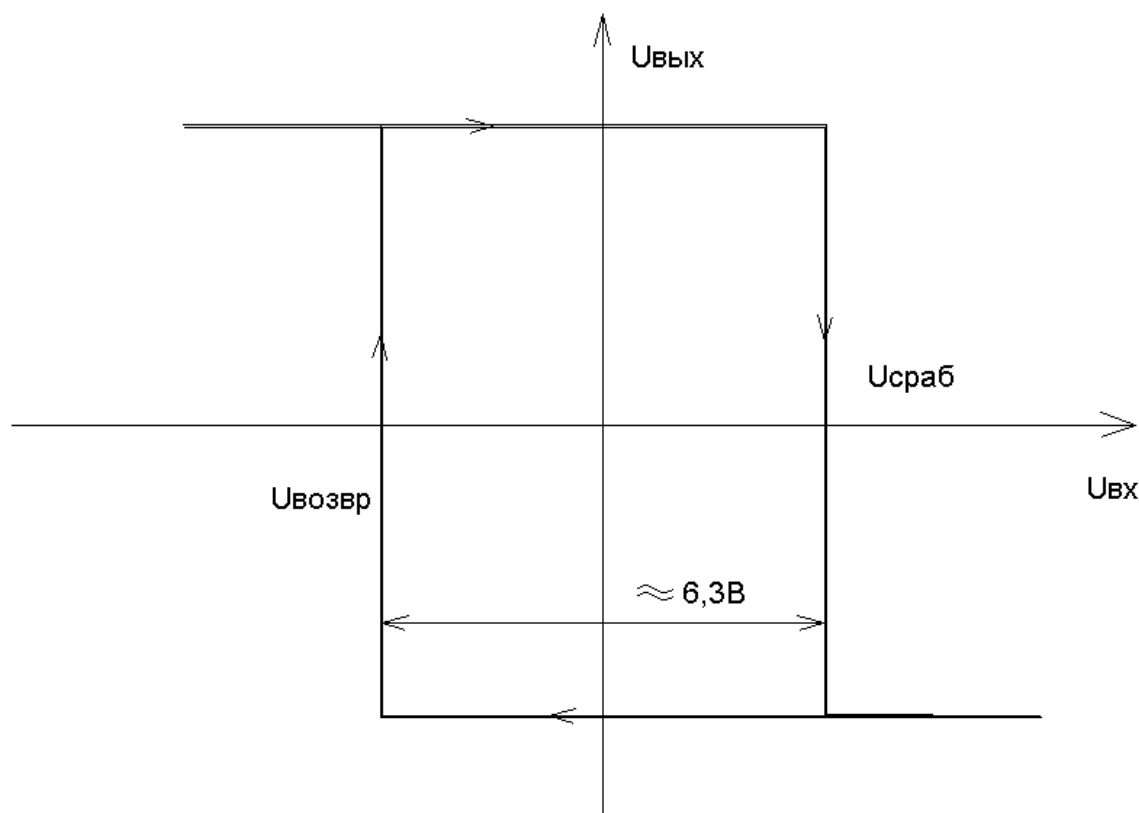


Рис. 6. Характеристика переключения триггера Шмитта

Резистор R17 ограничивает ток, а R18 – напряжение база-эмиттер VT1. Диод VD6 защищает транзистор VT1 от перенапряжений в цепи эмиттер-коллектор при коммутации электромагнитного реле K1, а диод VD7 служит для обеспечения режима отсечки VT1 в несработанном состоянии реле. Конденсаторы C1, C4 предназначены для защиты реле от импульсных помех, а конденсатор C3 – для предотвращения ложного кратковременного срабатывания при подаче питания на обесточенное реле.

Питание схемы реле серий РСН14,, РСН16 осуществляется от напряжения постоянного тока. Для защиты схемы от ошибки в полярности при подключении реле к питающему напряжению установлен диод VD8. Конденсаторы C5...C7 служат для защиты схемы реле от импульсных помех по цепям питания.

Питание реле серий РСН15 и РСН17 осуществляется от напряжения переменного тока. Схема блока питания этих реле, выполненная совместно с исполнительным блоком, показана на рис. 7. Он включает в себя выпрямительный мост V2 и балластный резистор R21. Сглаживание выпрямленного напряжения питания осуществляется конденсатором C8. Варисторы RV1, RV2 защищают реле по цепям питания от импульсных перенапряжений.

Напряжение ± 15 В для питания компараторов снимается со стабилитронов VD4, VD5 и дополнительно сглаживается конденсаторами C5...C7. Резисторы R19, R20 выполняют роль балластных при стабилизации и сглаживании.

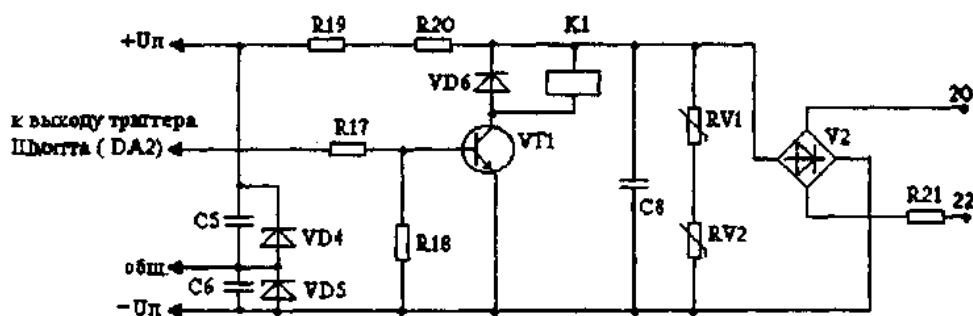


Рис. 7 Узел питания реле PCH15 (PCH17) от сети переменного тока

Реле минимального напряжения PCH16 (PCH17) отличается от реле максимального напряжения PCH14 полярностью включения входов операционного усилителя DA1 и диода VD2. Такое включение показано на рис. 8, а на рис. 9 приведены временные диаграммы работы реле PCH16, PCH17. Как видно из диаграмм, сигнал на срабатывание формируется опорным напряжением, а входная воздействующая величина осуществляет возврат реле. При снижении входного напряжения до уровня U_{DA1} конденсатор C2 начинает заряжаться в сторону отрицательной полярности, а при достижении уровня $U_{сраб}$ происходит переключение триггера Шмита, выполненного на DA2.

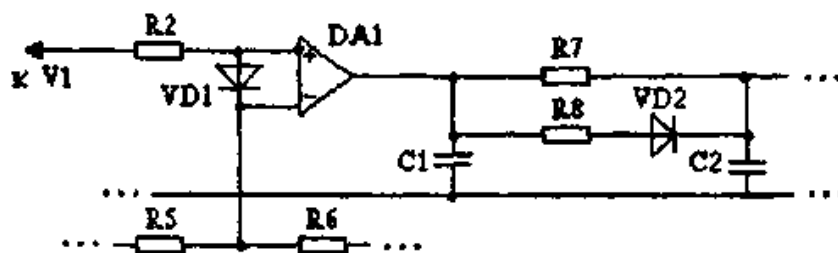


Рис. 8 Включение компаратора DA1 и диода VD2 в реле минимального напряжения PCH16, PCH17.

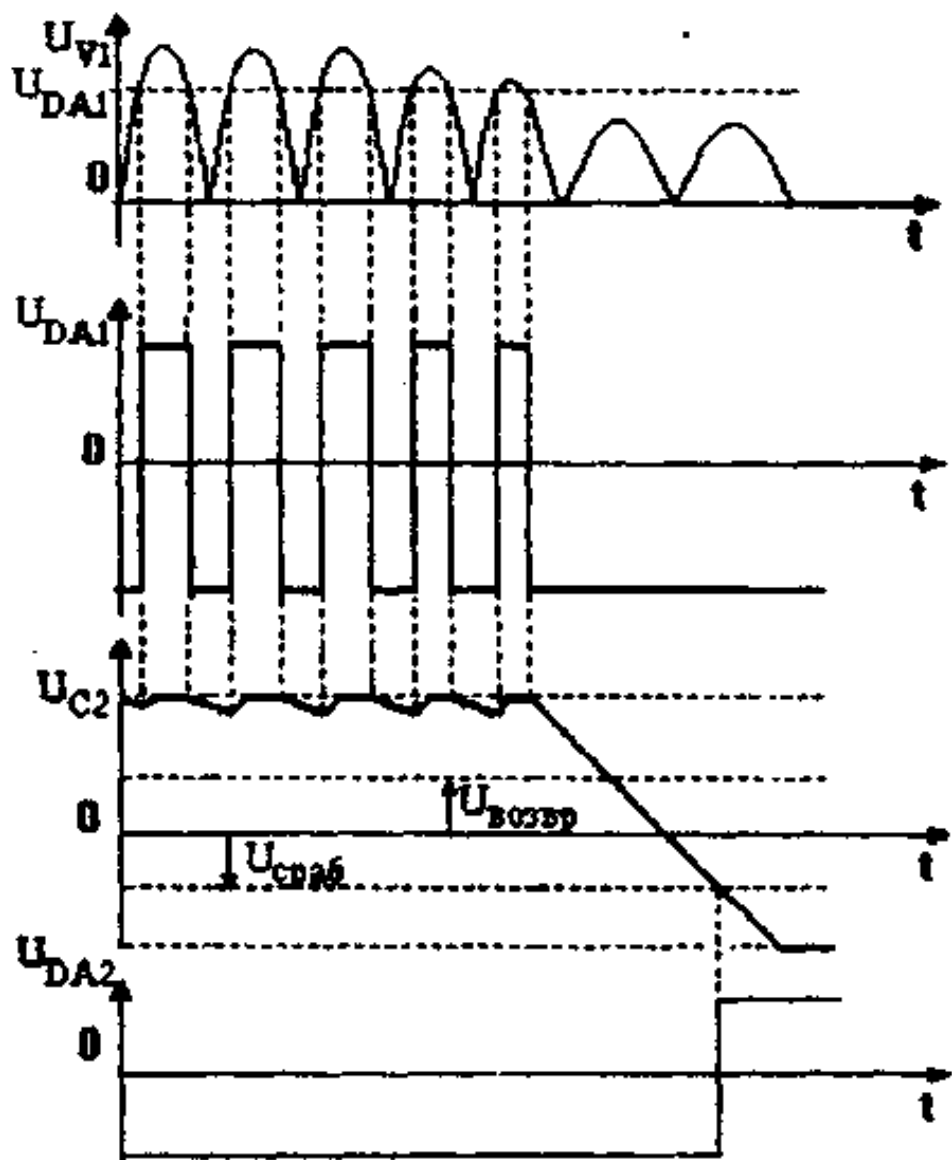


Рис. 9 Временные диаграммы работы реле минимального напряжения РСН16

Устройство защиты сетей 0,4 кВ типа ЗТИ-04

1. Введение.

1.1. Настоящее техническое описание и инструкция по эксплуатации предназначены для ознакомления потребителя с устройством, работой и правилами эксплуатации устройства защиты сетей 0,38 кВ типа ЗТИ-0,4.

1.2. При изучении изделия следует дополнительно руководствоваться следующими документами:

Схема электрическая принципиальная

Устройства защиты 06090.00.00.00033

2. Назначение

2.1. Устройство ЗТИ-0,4 предназначено для защиты трехфазных четырехпроводных сетей 0,38 кВ с глухозаземленной нейтралью и повторными заземлениями нулевого провода от однофазных на нулевой провод, междуфазных замыканий и от замыканий фаз на землю.

Устройство ЗТИ-0,4 рассчитано на защиту одной линии напряжением 0,38 кВ и рабочим током не превышающим 160 А.

Для подключения к линии устройство ЗТИ имеет четыре токовых входа, через которые пропускают три фазных и нулевой провода линии.

Устройство ЗТИ-0,4 имеет выход для подключения независимого расцепителя автоматического выключателя с напряжением срабатывания 110 В постоянного тока (36-48 переменного тока) с током срабатывания до 2 А и временем срабатывания до 0,02 с.

2.2. Наименование и обозначение присвоенное изделию

Устройство защиты сетей 0,4 кВ типа ЗТИ-0,4 (34-28-11039-86ТУ).

2.3. Устройство ЗТИ-0,4 рассчитано на эксплуатацию в условиях умеренного климата в не отапливаемых помещениях в диапазоне температур от -40° до $+55^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности до 80%.

2.4. Питание устройства ЗТИ-0,4 осуществляется от однофазной сети переменного тока частоты 50 Гц напряжением 220 В, отклонениями +10%, -20%.

3. Номинальные данные

3.1. Габаритные размеры устройства ЗТИ-0,4 не более:

длина 173 мм

ширина 125 мм с внешними выводами

высота 180 мм

3.2. Масса, не более 2,0 кг.

3.3. Максимальная электрическая мощность, потребляемая устройством ЗТИ-0,4 не более 15 В·А.

3.4. Основные параметры устройства приведены в таблице 5.

Таблица 5

Номинальные токи защищаемой линии, А	Уставка по току, А		
	при междуфазных замыканиях	при однофазных замыканиях	при замыканиях на землю
63	100	40	5
100	160	80	
160	250	120	

3.5. Погрешность токов срабатывания защиты от однофазных на нулевой провод и междуфазных замыканий находится в пределах $\pm 20\%$ от номинальных значений уставок. Ток срабатывания защиты от замыканий на землю находится в пределах 3...7 А.

3.6. Время срабатывания защиты от однофазных на нулевой провод и междуфазных замыканий находится в пределах $\pm 40\%$ от значений, определяемых формулой:

$$t = \frac{4,2}{\frac{I_{\kappa}}{I_y} - 1}, c$$

при значениях отношении тока короткого замыкания I_k к току уставок I_y в пределах от 2 до 5, при токе J_k не более 800 А.

Амперсекундная характеристика защиты приведен на рис. 10.

Время срабатывания защиты от замыкания на землю находится в пределах 0,1...0,3 с при значении тока, равному уставке.

4. Устройство и принцип работы изделия

4.1. Конструкция.

4.1.1. Конструктивно устройство ЗТИ-0,4 представляет собой пластмассовый корпус, внутри которого находятся датчики тока и к которому на кронштейнах крепятся печатные платы.

4.1.2. Перемычки для переключения установок расположены на лицевой панели.

4.2. Принцип работы устройства ЗТИ-0,4 по защите от замыканий на землю.

Защита от замыканий на землю реализует следующее соотношение:

$$/\Delta J_{\phi} / - K / \Delta J_k / > J_{\text{ПОР.}}$$

выход схемы осуществляет необходимую коммутацию, в других случаях выход схемы не изменяет своего состояния,

где: $/\Delta J_{\phi} /$ - абсолютное приращение тока небаланса 3-х фаз (тока нулевой последовательности);

$/\Delta J_k /$ - абсолютное приращение тока нулевого провода;

K – заданный коэффициент ($K = 1,7 \dots 1,8$).

$J_{\text{ПОР.}}$ – const; максимальный ток замыкания на землю не более 80 А.

Работу рассмотрим по электрической принципиальной схеме.

Для защиты от замыкания на землю используются: датчик тока нулевой последовательности Т2 и датчик тока нулевого провода Т3, выпрямители (выпрямительные блоки ДА3, ДА4), фильтры постоянной составляющей входного напряжения (элементов R13, C11, R18, C13 и R14, C12, R19, C14) дифференцирующие цепочки (элементы C15, R23, C17,

С24), выпрямители приращения (DA5, DA6), сумматор (выполнен на операционном усилителе DA10).

Напряжение на выходе фильтров постоянной составляющей пропорциональны амплитудам выходных токов.

На выходе дифференцирующих цепочек (элементов R23, R24), в установившемся режиме при постоянных значениях входных токов напряжение близко к нулю.

Постоянные времени этих цепей в несколько раз превышают значения времени установления фильтров.

При изменении входных токов на выходе дифференцирующих цепей появляются напряжения, пропорциональные приращению токов нулевой последовательности и нулевого провода. После выпрямления (элементы DA5, DA6) величины этих напряжений суммируются на сумматоре (DA9). Благодаря тому, что полярности сигналов на выходе выпрямителей (DA5, DA6) противоположны, на выходе сумматора появляется разность этих напряжений. При замыкании на землю на выходе сумматора появляется отрицательное напряжение, превышающее опорное напряжение компаратора, вследствие чего, выходное напряжение компаратора становится положительным, отпирается транзисторный ключ VT4 и тиристор VD10. Происходит подача тока в катушку независимого расцепителя НР и срабатывание автоматического выключателя.

При отсутствии замыкания на землю напряжения на выходе сумматора близко к нулю или положительное, напряжение на выходе компаратора – отрицательно, транзисторный ключ VT4 и тиристор VD10 закрыты, срабатывание защиты не происходит.

Защита ЗТИ-0,4 может отказать в режиме замыкания на землю при изменении переходного сопротивления в течение длительного времени и при подаче напряжения толчком в аналогичном режиме.

4.3. Принцип работы устройства по защите от однофазных на нулевой провод и междуфазных замыканий.

Для защиты от однофазных и междуфазных замыканий используются

- датчик тока фазы А-Т4;
- датчик тока фазы С-Т5;
- датчик тока нулевой последовательности Т2, схема «или»

выделяющая среднее значение максимального из выходных напряжений (элементов R20-R22, VD4-VD8, C17), компаратор (на операционном усилителе DA7), интегратор (на ОУ DA8), выходной компаратор (на ОУ DA11).

Защита работает следующим образом:

При повышении токами фаз или током нулевой последовательности значений уставок напряжение на конденсаторе C17 превышает опорное напряжение компаратора DA7.

Выходное напряжение компаратора становится положительным, вследствие чего начинается линейное возрастание напряжения (отрицательного) на выходе интегратора DA8.

При повышении выходным напряжением интегратора опорного напряжения компаратора DA11 выходное напряжение последнего становится положительным.

В этом случае (как и в случае появления положительного напряжения на выходе DA10) происходит срабатывание автоматического выключателя.

При подаче напряжения толчком после длительного его отсутствия гарантируется работа защитной приставки ЗТИ-0,4 при междуфазных и замыканиях на нулевой провод при посадке напряжения на шинах 0,4 кВ не более 40% от номинального и кратности тока короткого замыкания к току уставки реле, не более 5.

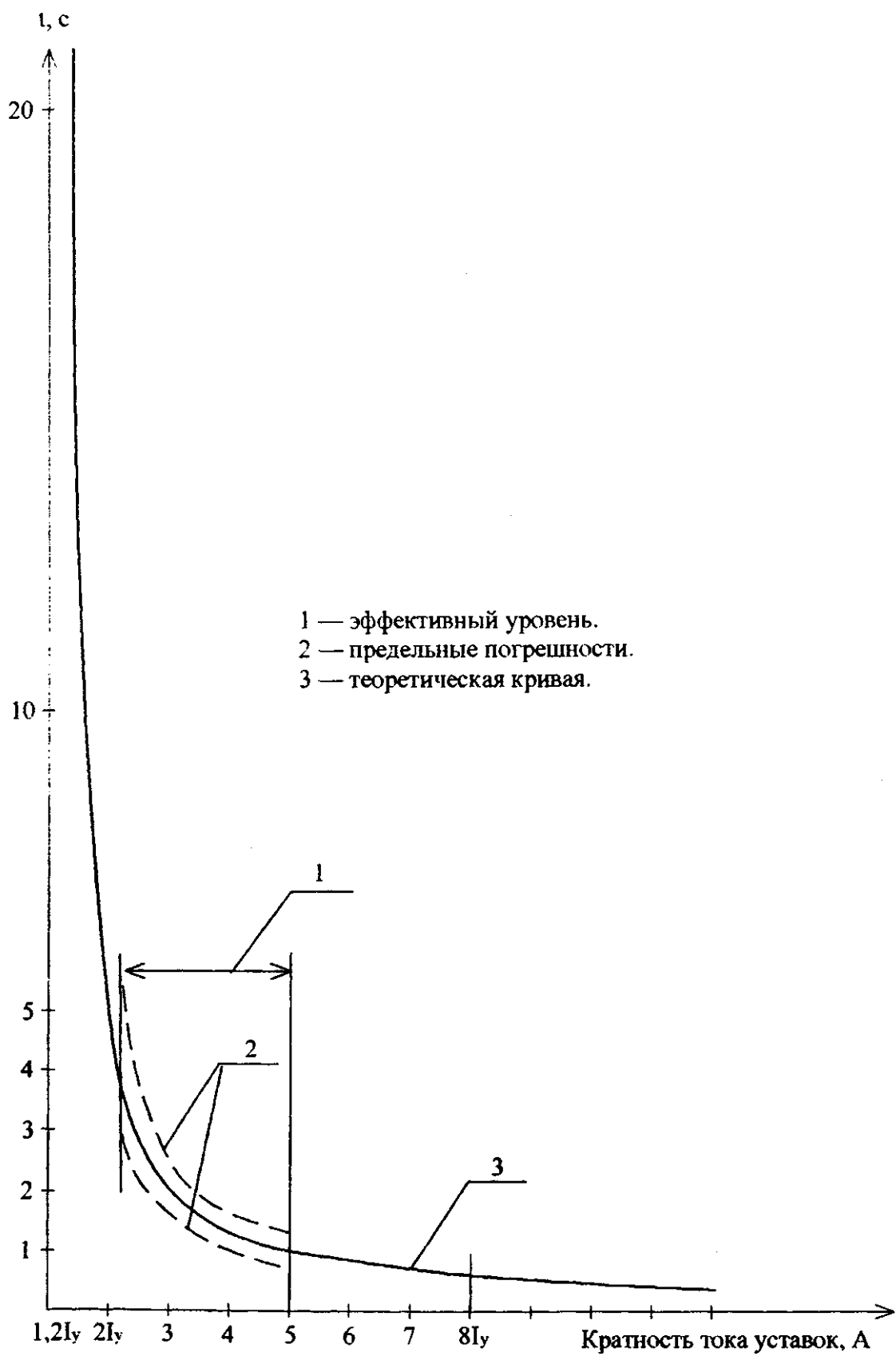


Рис 10 Ампер-секундная характеристика защиты от однофазных на нулевой провод и междуфазных замыканий ЗТИ-0,4

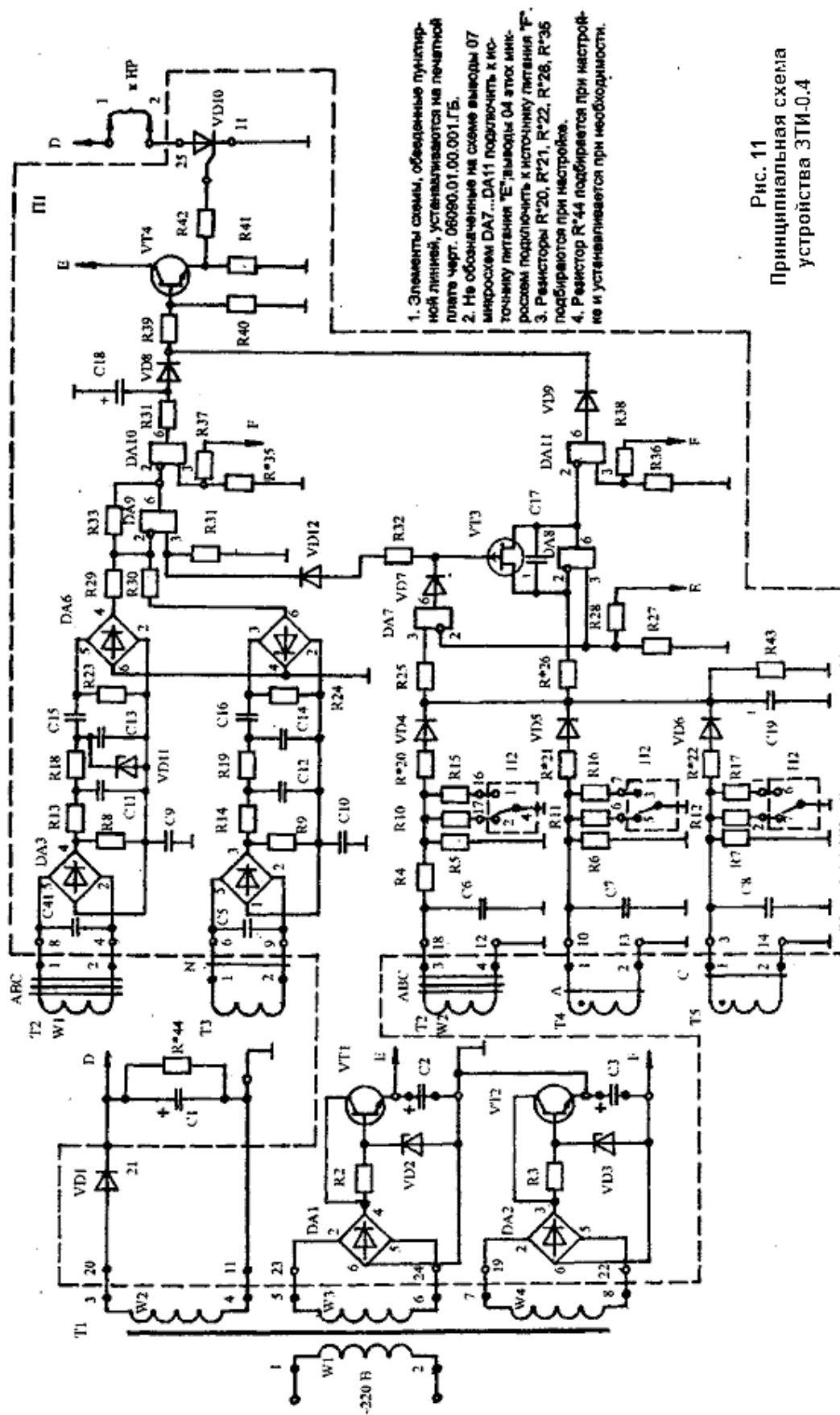


Рис. 11
Принципиальная схема
устройства ЗТИ-0.4

Элементы схемы, обведенные пунктирной линией устанавливаются на печатной плате.

2. Не обозначенные на схеме выводы 07 микросхем DA7...DA11 подключить к источнику питания «Е»; выводы 04 этих микросхем подключить к источнику питания «F».

3. Резисторы R*20, R*21, R*22, R*26, R*35 подбираются при настройке.

4. Резистор R*44 подбирается при настройке и устанавливается при необходимости.

Таблица 6

**Краткие сведения по обслуживанию полупроводниковых реле
ПРИБОРЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ РЕЛЕ**

ПРИБОРЫ	ПРИМЕЧАНИЯ
Осциллограф С1 - 55	Двухлучевой
Осциллограф С1 - 64	Двухлучевой
Осциллограф С1 - 93	Двухлучевой
Осциллограф С1 - 101	Однолучевой, малогабаритный
Осциллограф С1 - 112	Однолучевой, малогабаритный
Мультиметр В7-38	Цифровой, малогабаритный
Мультиметр В7-38	Цифровой, малогабаритный
Осциллограф С8 – 14	Однолучевой с запоминанием
Осциллограф С1 – 125	Однолучевой, малогабаритный
Прибор универсальный В7-40	Замер U, I, R
Прибор комбинированный Щ-4300	Замер U, I, R
Прибор комбинированный Щ-4313	Замер U, I, R
Прибор комбинированный Щ-4315	Замер U, I, R
Прибор комбинированный Щ-4316	Замер U, I, R
Прибор универсальный В7-41	С батарейным питанием
Вольтамперметр ЦВ 1501	Высокое входное сопротивление (1 Мом)
Генератор сигналов ГЗ-112/1	
Частотомер ЧЗ-47	
Тестер Ч4313	

Тестер Ч4341	
Тестер Ч4342	
Источник постоянного тока ВИП-010	

*** Возможно использование приборов других типов с аналогичными параметрами.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ РЕЛЕ

При работе с устройствами РЗиА используются те же инструменты, что и для устройств на электромеханической базе, однако для работы с элементами, расположенными на печатной плате необходимо иметь малогабаритные отвертки, бокорезы, пинцеты, шило, нож с тонким лезвием, медицинские иглы большого диаметра, насадки к паяльникам для выпаивания микросхем и т.д.

Для выполнения пайки следует пользоваться паяльником на 36 В с заземленным жалом, который включается в сеть через трансформатор безопасности (разделительный трансформатор), что предотвращает повреждение полупроводниковых приборов статическим электричеством, а также в случае повреждения изоляции паяльника. Однако при выполнении ремонтно-восстановительных работ пайка на печатных платах может производиться обычным бытовым паяльником типа ЭПНС на 220 В с заземленным жалом. Для того, чтобы можно было выполнять пайку микросхем, следует изменить форму стержня паяльника, заточив его конец на ширину примерно 1 мм. Для выпаивания микросхем возможно использование насадки, позволяющей осуществлять нагревание (с последующим отсоединением от печатной платы) всех отпаиваемых выводов одновременно, либо тонкой металлической трубочки (медицинской иглы), с помощью которой отпаивают выводы микросхемы поочередно. Пайку производят низкотемпературным припоем ПОС-61. Для обеспечения качественной пайки необходимо использовать флюсы (например: раствор канифоли в спирте). Время пайки не должно превышать несколько секунд (3-

6 с, см. рекомендации завода-изготовителя полупроводниковых приборов). При пайке желательно использовать теплоотводы (простейший теплоотвод выполняется из зажима типа "крокодил" путем наклеивания ему медных "губок").

При поисках неисправностей на печатных платах часто приходится снимать диаграммы сопротивлений, а также потенциальные диаграммы в контрольных точках. Эти измерения можно производить с помощью типовых приборов (см. рекомендуемые приборы) - комбинированных приборов, вольтметров, осциллографов. Однако при поисках неисправностей возможно использование различного вида логических щупов, пробников и специализированных измерительных устройств, что позволяет упростить и ускорить проведение проверки.

Учитывая, что в большинстве случаев использования операционных усилителей, они включены по схеме источника напряжения, управляемого напряжением, информация для логических микросхем также представлена в виде напряжения, измерительные устройства должны иметь по возможности большее входное сопротивление (не менее 20 кОм/Вольт). Некоторые из приборов, применение которых возможно при проведении проверки и настройки релейной аппаратуры, указаны в книге "Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах", - Г.Э.Линт, Библиотека Электромонтера, Москва, Энергоатомиздат, 1990.

МЕТОДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ РЕЛЕ

НАЛАДКА полупроводниковых УЗРА имеет некоторые особенности. Обычно применяется следующая последовательность работ при наладке реле с одной и двумя подведенными величинами:

- 1) внешний осмотр и проверка состояния монтажа;
- 2) механическая регулировка реле и переключателей;
- 3) измерение сопротивления изоляции;
- 4) проверка блоков питания реле оперативным током;

- 5) измерение напряжений постоянного тока в контрольных точках;
- 6) проверка напряжений (токов) срабатывания электромагнитных реле и герконов;
- 7) проверка датчиков тока и напряжения
- 8) снятие электрических характеристик устройства;
- 9) проверка реле рабочим током и напряжением. При наладке комплексных устройств после пункта 4) вышеуказанной последовательности работ следует провести тестовый контроль.

*** На первом этапе внедрения устройств релейной защиты на полупроводниковой элементной базе имеет смысл проводить более широкую проверку параметров устройств с целью накопления опыта эксплуатации, а также выявления дефектов их разработки и качества изготовления и настройки на заводе-изготовителе. В этот период следует вести также активную претензионную работу и работу по обмену опытом эксплуатации. В дальнейшем отдельные виды техобслуживания следует проводить только при наличии сомнений в правильности функционирования устройства.

ВНЕШНИЙ ОСМОТР производится при снятой наружной оболочке и откинутой печатной плате. Цель осмотра - визуальная оценка состояния реле. В ходе осмотра определяют качество печатного монтажа. При этом выявляются такие повреждения, как обрывы (отслоения) печатных проводников, образование лишних проводящих мостиков от растекшегося припоя, нарушение лакового покрытия, плохие пайки выводов элементов схемы, а также проводов, соединяющих печатную плату с выносными деталями и внешними зажимами реле. Зазоры между печатными проводниками, а также между элементами печатной платы и конструктивными элементами блока (шпильки крепления, разъемы, фальш-панели, цоколь блока и т.п.) должны быть не менее 0,25 мм. Следует также

проверить состояние магнитопроводов трансформаторов и трансреакторов и механическое крепление всех деталей, смонтированных отдельно.

МЕХАНИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА включает в себя затяжку винтовых соединений деталей на всех платах и на зажимах цоколя, опробование от руки действия подвижной части и контактов выходных электромеханических реле, кнопок и переключателей. Учитывая возможность образования на контактах непроводящего налета, следует чистить контакты выходного электромеханического реле.

ИЗМЕРЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ отдельных реле следует производить совместное другими устройствами, расположенными на панели. И только в случае возникновения сомнений в хорошем состоянии изоляции реле (по результатам внешнего осмотра) следует проводить проверку состояния изоляции реле отдельно. При проверке состояния изоляции необходимо соблюдать меры предосторожности, исключающие повреждение полупроводниковых элементов во время проверки. На время испытаний следует соединять накоротко входные зажимы, относящиеся к отдельным группам цепей тока, напряжения, оперативного тока и т.п.

Во всех случаях, когда есть возможность, следует перед проверкой соединить вместе цепи питания полупроводниковых элементов (+Uпит, 0, - Uпит), а измерение сопротивления изоляции этих цепей и цепей с напряжением менее 60 В относительно других и "земли" производить мегаомметром на напряжение не более 100В (Решение Э 11/84 от 08.08.84 "О внесении изменений в 'Нормы испытаний электрооборудования"). Указанные мероприятия резко снижают вероятность повреждения полупроводниковой части реле под воздействием импульсных перенапряжений, проникающих в последние через разделительные трансформаторы и паразитные емкости при пробое изоляции в смежных цепях. Испытания электрической прочности таких цепей производить не следует. Первоначально проверку следует производить, вынув полупроводниковые блоки (где это возможно) или

отключив разъемы, а затем (в случае успешной проверки) повторить измерение, подключив полупроводниковые блоки. В остальном проверка производится аналогично проверкам устройств на электромеханической элементной базе.

ПРОВЕРКА ПИТАНИЯ ОПЕРАТИВНЫМ ТОКОМ производится для определения правильной работы преобразователей, стабилизаторов и других элементов схем блоков питания, а также установки необходимого значения напряжения питания электронной части схемы устройства. Следует помнить, что операционные усилители (ОУ) обычно не терпят наличие переменной составляющей в напряжении питания (более 5 процентов). Кроме измерения значения выходного напряжения питания и содержания переменной составляющей (при наличии ОУ) следует измерить потребление блока питания (особенно при наличии сомнений в исправности источников питания), для сравнения с приведенным в техническом описании стандартным значением потребления. Такие проверки производятся как для источников питания, содержащих преобразователи-инверторы, компенсационные стабилизаторы, достаточно сложные схемы управления и т.д., так и для параметрических стабилизаторов (с использованием стабилитронов), наиболее широко применяющихся в реле с одной и двумя подведенными величинами. В ряде случаев (при наладке и, далее, при наличии сомнений в правильности работы) в источниках питания, содержащих схему управления инвертором, необходимо проверить параметры этой схемы, в соответствии с требованиями заводской инструкции. Параметры источников питания следует предварительно проверять при вынутых блоках с полупроводниковой частью устройства (там, где это возможно) во избежание повреждения активных элементов схемы (транзисторов, микросхем различных типов) в случае неисправности блока питания.

Необходимо проверить уровни стабилизированных напряжений (нахождение их в пределах, указанных заводом-изготовителем), при

изменении постоянного напряжения питания от $0,8U_{ном}$ до $1,1U_{ном}$ или при изменении переменного напряжения питания от $0,7U_{ном}$ до $1,1U_{ном}$.

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА следует производить в характерных (контрольных) точках электронной схемы при отсутствии этой карты в техническом описании устройства с целью дальнейшего использования их в случае неправильной работы устройства (сомнений в его правильной работе) для поиска неисправности. Полученную карту напряжений следует проверять при очередных техобслуживаниях при возникновении сомнений в правильности работы устройства. При проведении этих работ следует пользоваться не только вольтметром с большим входным сопротивлением (для замера действующего значения напряжения), но и осциллографом (в обязательном порядке) для проверки правильности формы сигналов, отсутствия самовозбуждения ОУ, различного рода помех, значения переменной составляющей в напряжении питания и т.д., которые не могут быть полностью выявлены с помощью вольтметра

ПРОВЕРКА НАПРЯЖЕНИЙ (ТОКОВ) СРАБАТЫВАНИЯ электромагнитных реле и герконов следует производить при наличии сомнений в надежной работе этих элементов (нагрев реле, повышенное время срабатывания или возврата, вибрация реле и т.п.), т.к. обычно эта проверка требует вмешательства в схему устройства (установка перемычек, отсоединение параллельных цепей и т.д.). Для проверки обычно используется посторонний источник питания (см. список рекомендуемых приборов). Учитывая, что обычно выходные реле устройств РЗА с одной и двумя подведенными величинами включаются в коллекторную цепь транзистора выходного каскада электронной схемы, следует измерить напряжение "насыщения" (транзистор открыт, напряжение коллектор-эмиттер составляет $0,2 - 1,1$ В) и "отсечки" (транзистор закрыт, напряжение коллектор-эмиттер близко к напряжению источника питания) для проверки надежности работы транзистора.

ПРОВЕРКА ДАТЧИКОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ обычно производится, учитывая высокую надежность датчиков, при наладке устройства и повторяют эту проверку при очередном профтехобслуживании только в случае сомнений в исправности датчиков. Проверка включает в себя снятие вольт-амперной характеристики и определения коэффициента передачи (трансформации) указанных датчиков.

Для выявления неисправностей в обмотках и магнитопроводе датчика напряжений может производиться измерение тока намагничивания трансформатора датчика путем подачи на его первичную обмотку напряжения, равного $1,1 U_{ном}$, при отключенной вторичной нагрузке. При отсутствии заводских данных о значении тока намагничивания полученные замеры сравниваются с результатами замеров у аналогичных трансформаторов для реле того же типа.

При проведении аналогичной проверки датчиков тока производится измерение напряжения на вторичной нагрузке трансформаторов тока, путем подачи в первичную обмотку трансформатора номинального тока.

СНЯТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА производится после проверки правильности работы отдельных блоков устройства для проверки правильности функционирования устройства в целом и соответствия его параметров и набора функций указанным в технической документации, а также регулировки параметров срабатывания в соответствии с заданием на регулировку уставок. Определение указанных характеристик производится аналогично существующим устройствам на электромеханической элементной базе в соответствии с "Правилами технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4 - 20 кВ" или "Правилами технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и линий электропередачи 35-330 кВ" и технической документацией завода-изготовителя.

Литература

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М. «Мир», 1982.
2. Темкина Р.В. Измерительные органы релейной защиты на интегральных микросхемах. М. Энергоатомиздат, 1985.
3. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.Н. Электроснабжение сельского хозяйства. М. Колос. 2000.
4. Будзко И.А., Зуль Н.Н. Электроснабжение сельского хозяйства. М. «Агропромиздат». 1990.
5. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей. М. Энергоатомиздат. 1984.
6. Линт Г.Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах. М. Энергоатомиздат. 1990.
7. Элементная база статических реле защиты. Учебное пособие Сарычев С.С. Санкт-Петербург ПЭИпк 1998.
8. Статические реле тока и напряжения. Конспект лекции и методические указания к лабораторным работам. Шмурьев В.Я. Санкт-Петербург ПЭН пк. 2001.